

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H00589

研究課題名（和文）V2Xネットワークを利用した協調型自動運転のための情報通信プラットフォーム構築

研究課題名（英文）V2X Network and Database Platform for Cooperative Automated Driving

研究代表者

佐藤 健哉（SATO, Kenya）

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：20388044

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,200,000円

研究成果の概要（和文）：車載センサのみの自律型自動運転ではセンサ検知範囲外の対象物（見通しの悪い地点の他車両や歩行者など）を認識できないが、通信を利用し他車両や路側機のセンサ情報を共有することで安全性向上が可能となる。本研究では、各車両や路側機から得られるセンサ情報を集約、共有し、各車両を制御するための情報通信プラットフォームを構築し、この上に複数車両の協調走行を行うアプリケーションを実装し、その有効性を検証した。具体的には、ネットワーク仮想化技術による複数の通信手段を効率的併用、センサ情報をストリーム技術での処理、クラウドに加えてエッジコンピューティングの利用による分散処理で信頼性向上と低遅延を可能とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

同志社大学（代表）、名古屋大学（分担）が中心となり、複数の企業・非営利組織で構成されたコンソーシアム型の共同研究組織を立ち上げ、協調型自動運転のための情報通信プラットフォームであるダイナミックマップの研究開発を実施してきた。この研究成果は、2025年に自動運転の社会実装を目指した経済産業省および国土交通省の国家プロジェクトであるRoAD to the L4の中のインフラ協調や車車間・歩車間通信連携の取組み（テーマ4）で採用され、多くの関係企業と協力しながら、本プロジェクトの実証実験を行っている千葉県柏市柏の葉において実装し、世界に先駆けた協調型自動運転のプラットフォームとして稼働している。

研究成果の概要（英文）：Automated driving with only on-board sensors cannot recognize objects outside the sensor detection range (e.g., other vehicles or pedestrians at points with poor visibility), but it is possible to improve safety by using wireless communications to share sensor information from other vehicles and roadside units. In this research, information and communication platform is constructed to aggregate and share sensor information obtained from each vehicle and roadside equipment, and to control each vehicle. We implemented an application for cooperative driving of multiple vehicles on this platform and verified its effectiveness. Specifically, the platform uses network virtualization technology to efficiently combine multiple communication methods, stream technology to process sensor information, and distributed processing using edge computing in addition to cloud computing to improve reliability and reduce latency.

研究分野：ネットワーク

キーワード：ITS 協調型自動運転 V2X通信 情報通信プラットフォーム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、カメラやレーダなどのセンサを車両に搭載し、車両周辺の歩行者や自転車、他の車両などを監視することで、安全性や利便性を向上させる技術の普及が始まっている。たとえば、車両の前方の対象物との距離を計測し、衝突の危険性がある場合に注意喚起し自動でブレーキをかける衝突被害軽減ブレーキあるいはプリクラッシュセーフティシステム、前方車両に追従するアダプティブ・クルーズ・コントロール (ACC) などがすでに商用化されている。しかし、車載センサでは、死角となる領域の対象物の情報を取得することができず、また、得られる対象物の動きの情報にも限界がある。たとえば、交差点右折の際に反対車線から交差点に接近してくる対向車との衝突、見通しの悪い交差点における出会い頭の衝突などへの対応は困難となる。車載センサで取得できる情報を拡張、補完するために、通信手段が搭載されている。車両と車両の間の車々間 (V2V: Vehicle-to-Vehicle) 通信、車両と路側機との路車間 (V2I: Vehicle-to-Infrastructure) 通信、携帯電話網を利用した V2N (Vehicle-to-Network) 通信がある。総称して V2X (Vehicle-to-Everything) 通信と呼ばれ、安全運転支援や協調型自動運転での利用が検討されている。具体的には、V2V 通信により車両の位置や速度を周辺に送信することで、より追従性能の高い ACC や、出会い頭の衝突回避のための注意喚起などが実現されており、また、V2I 通信を利用して、見通しの悪い道路前方の状況や信号の状態を車両に伝えるシステムが商用化されている。さらに、車両の位置、速度に加えて、車両が検知した周辺の状況を他の車両に伝える技術の研究開発も行われており、これにより、スマートフォンなどの位置情報を提供するための通信手段を持たない歩行者や自転車などの情報を他の車両に通知することが可能となる。これらをまとめると、コネクテッドカーの発展フェーズとして図 1 に示すように、(1) 車載センサのみ、(2) 通信により各車両から位置、速度を送信、(3) 車両周辺の対象物に関する情報も送信と、V2V・V2I 通信により、車両周辺の多くの情報を提供することで衝突の危険性を検知でき、より安全な走行が期待できる。しかし、通信を利用したとしても、センサデータのみでは限界がある。そのため、センサデータから得られる情報を地図上に集約し、それに対してアプリケーションを効率的に開発し動作可能な協調型自動運転のための情報通信プラットフォームが求められている。

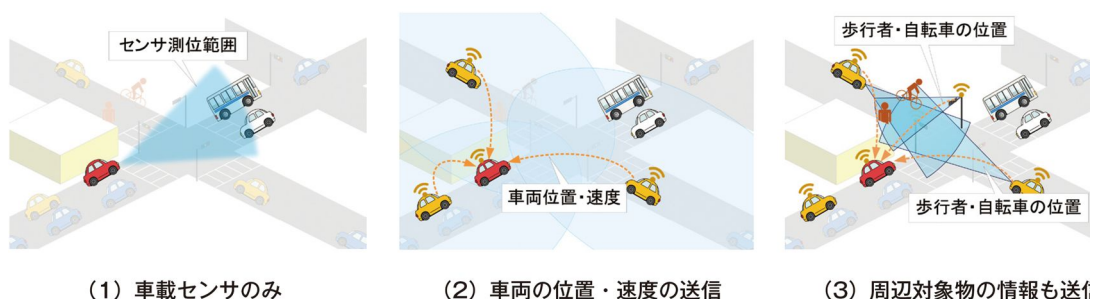


図 1: コネクテッドカーの発展フェーズ

2. 研究の目的

本研究では、センサを搭載した車両あるいは路側機のデータから得られる情報を地図上に集約し、アプリケーションを効率的に開発し動作可能な協調型自動運転のための情報通信プラットフォームであるダイナミックマップを構築することが目的である。ダイナミックマップは、図 2 に示すように、車載センサのデータや路側機で検知したデータを、静的な高精度地図データと関連づけ共有することにより、車両の安全運転支援に活用することが可能となる。各車両は車載センサにより前方の対象物を地図データと関連づけて保有する。対象物が前方車両の前や見通しの悪い交差点などの死角にある場合は検知できない。一方、その対象物は他の車両や路側機から検知できる可能性がある。各車両や路側機のセンサデータをダイナミックマップとして統合することで、動的な交通環境情報が効率的に利用可能となる。

ダイナミックマップは、もともと欧州の SAFESPOT プロジェクトで Local Dynamic Map (LDM) として検討され、地理的情報、周辺車両・道路状態・交通状況・天気などに関する位置情報、および、それらの状態を階層的に管理・保持している概念的なデータの集合体と定義され、静的データ、準静的データ、準動的データ、動的データと、データの変化の速さに応じて階層に分類され定義されている。日本では、戦略的イノベーション創造プログラム自動運転プロジェクト (SIP-adus) において、自動運転のための高精度 3 次元地図の静的データの整備、交通規制や渋滞状況といった準静的・準動的データの生成・更新・配信、および、信号橙色の動的データの配信について、実証実験を通して仕様の検討が行われている。

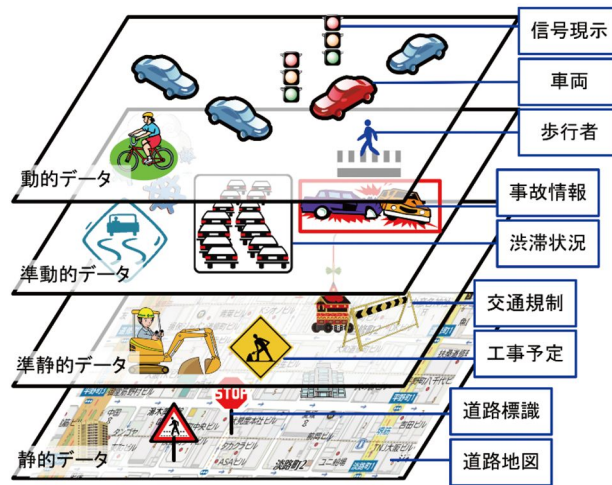


図2: ダイナミックマップの構成

車両等のセンサデータは短い周期（例：1/10 秒）で送信されるため、渋滞時や都市レベルでの交通流制御を想定した場合、多くの車両の情報を単一のサーバ（クラウド）に集約して管理する必要があり、ネットワークや計算資源への負荷が大きくなるといったスケーラビリティの問題が想定される。特に、交差点での車両同士の衝突回避、高速道路などでの合流調停、車線変更など、協調型自動運転や安全運転支援における応用例の場合では通信と計算のリアルタイム性が求められる。

そこで、本研究で検討している協調型自動運転のための情報通信プラットフォームであるダイナミックマップ 2.0 (DM2.0) は、ダイナミックマップを実環境で運用する際の課題であるスケーラビリティと遅延に関する性能向上を目指した情報通信プラットフォームである。その構成を図3に示す。

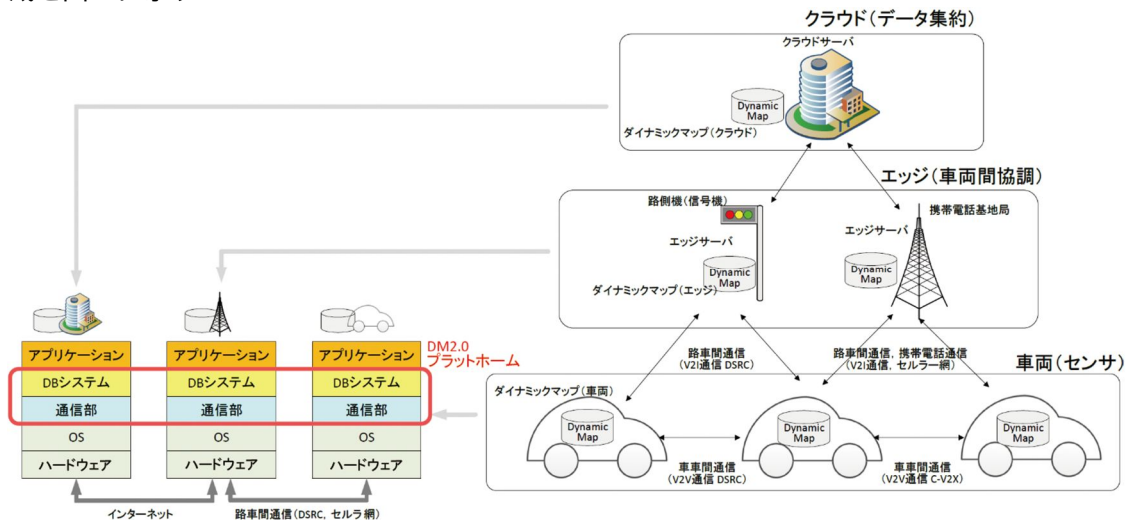


図3: ダイナミックマップ 2.0 のシステム構成

3. 研究の方法

大規模データをリアルタイムに処理するために、クラウド/エッジ/車両にまたがる三層構造のネットワークアーキテクチャを採用している。各車両が取得した周辺のセンサデータから構成されるダイナミックマップの情報は、インターネット上にあるクラウドサーバに到達する以前に、一定の地理的エリアごとに分散した計算資源であるエッジサーバに集約する。エッジサーバはクラウドサーバより車両に近い場所でリアルタイムなデータ処理を行い、必要に応じてクラウドサーバと通信し、データを共有する。クラウドサーバは広域の大規模データを扱い、応答時間にリアルタイム性を求めない処理やエッジ間連携を担当する。

各エッジサーバは、車線を区間に分けた複数の領域（車線区間 ID）で構成する地理エリアを走行する車両を管理する。具体例を図4に示す。L3-02~05の車線区間 ID を走行する車両はエッジサーバ A で管理される。つまり、赤い車両はエッジサーバ A で管理されるが、合流の際には、エッジサーバ B で管理される黄色の車両との調停が必要となる。合流は L2-02 の車線区間 ID に

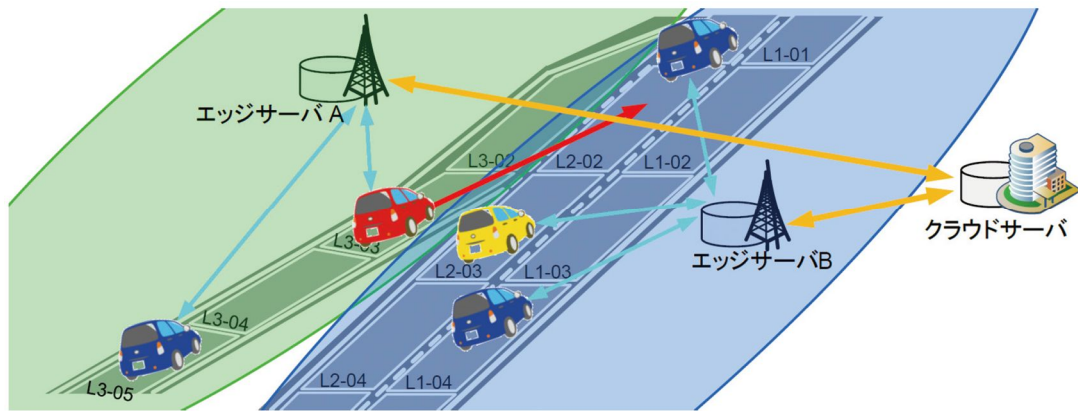


図 4：車線区間 ID に基づくエッジサーバの割当

において行われるため、実際の調停はエッジサーバ B で実施される。その際、赤い車両の情報はエッジサーバ A からクラウドを中継してエッジサーバ B に転送される。

このように電波の到達範囲や調停すべきエリアが異なるエッジサーバであっても、車線区間 ID をもとに管理エッジサーバを決定することで、車両間の協調が可能となる。

データベースでは、クエリと呼ぶ問い合わせ（処理要求）により、データの検索・抽出・並べ替えや更新などの操作を行う。一般的なクエリ（One-shot Query）は、予め保存されているデータに対して、検索要求を発行し、データベースは対応する検索結果を即座に返す。地図データの場合は、必要となる領域のデータを要求し、その場所の地図データを取得する。しかし、センサデータの場合、たとえば、車両の位置などは、時々刻々と変化する時系列のストリームのデータとなる。たとえば、ある車両が他の車両と衝突しそうになった状況を検索する場合、一般的なクエリでは非効率なため、DM2.0 では継続クエリ（Continuous Query）を利用する。予め検索クエリを発行し、時系列のストリームデータが検索条件に合致すると、その時点で応答を返すストリーム処理を行うことで、リアルタイム性を実現している。

一方、通信のセキュリティに関して、車両が送信する情報の悪意ある改ざんへの懸念に対して、複数の車両および路側機が相互に情報を確認することで情報の信憑性を向上させる方法を開発した。また、時系列に車両位置が特定されるプライバシー問題に対して、周辺車両台数に応じて擬似的に生成し、仮想車両同士で協調的に仮名を変更することで、攻撃者による位置追跡を困難にさせる手法を提案し、有効性を検証した。さらに、仮名を利用する上で課題となっている CRL の配布方法について、特定のリーダー車両においてその周囲の車両の仮名の有効性検証を担当することで、通信トラフィック量の削減をする手法を提案した。

4. 研究成果

DM2.0 プラットフォームを利用することで、協調型自動運転に向けた協調的な走行調停を行う上で問題となる通信のやりとりや計算の処理負荷を削減しつつ、全体として各車両が目的地到着までの旅行時間を削減させることが可能となる。具体例として、図 5 に示すように、道路上の空間と時間をグリッドに分割し、ダイナミックマップ上で管理し、各協調型自動運転車両が走行予定経路、時刻を予めダイナミックマップ上に予約申請をし、時空間グリッドの予約情報に基づいた走行調停の方式が考えられる。さらに、料金を支払うことで時空間グリッドを優先的に予約する方式が考えられ、その予約に際して仮想通貨を用いるマイクロロードプライシングの仕組みの検討も行った。

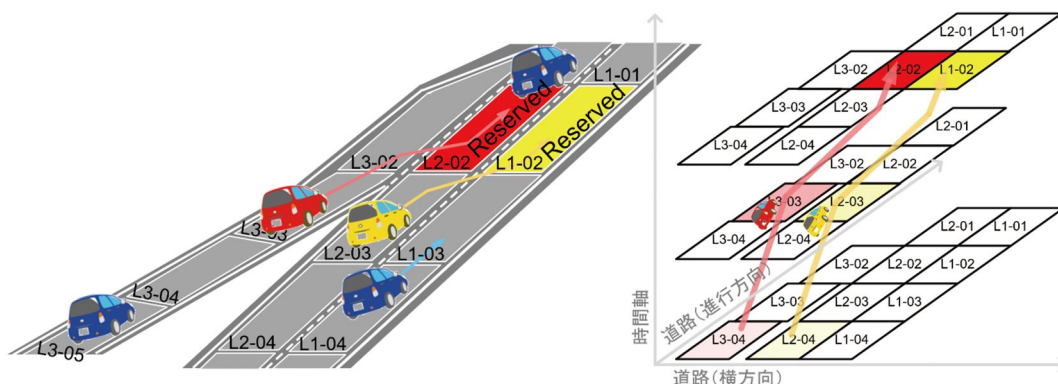


図 5：時空間グリッド予約に基づく走行調停

同志社大学（研究代表）、名古屋大学（研究分担）が中心となり、複数の企業・非営利組織で構成されたコンソーシアム型の共同研究組織を立ち上げ、協調型自動運転のための情報通信プラットフォームであるダイナミックマップの研究開発を実施してきた。ダイナミックマップ2.0コンソーシアムでは、DM2.0プラットフォームを実装し、横須賀リサーチパーク（総務省自律型モビリティ研究開発プロジェクト）、および、お台場（SIP大規模実証実験）において、合流調停の実証実験を実施した。また、複数の企業のプロトタイプシステムにおいても実装され、それぞれの地域で実証実験が実施されている。現在は、お台場（SIP第2期東京臨海部実証実験）において信号連携、および、愛知県高蔵寺ニュータウン（名古屋大学COI）において道譲りの実証実験を実施した。さらに、2025年に自動運転の社会実装を目指した経済産業省および国土交通省の国家プロジェクトであるRoAD to the L4の中のインフラ協調や車車間・歩車間通信連携の取組み（テーマ4）で採用され、多くの関係企業と協力しながら、本プロジェクトの実証実験を行っている千葉県柏市柏の葉において実装し、世界に先駆けた協調型自動運転のプラットフォームとして稼働している。

このように、DM2.0は、ダイナミックマップを実環境で運用する際の課題であるスケーラビリティと遅延に関する性能向上を目指しており、協調型自動運転のみならず、都市全体の交通流最適化や、MaaSアプリケーションにも適用可能な情報通信プラットフォームである。今後は、自動車メーカーやサプライヤ、各データ提供者、サービスプロバイダの垣根を超えた情報共有のための基盤としての普及を期待する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 21件）

1. 著者名 Yamamoto Kotaro, Teng Rui, Sato Kenya	4. 巻 4
2. 論文標題 Simulation Evaluation of Vehicle Movement Model Using Spatio-Temporal Grid Reservation for Automated Valet Parking	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems	6. 最初と最後の頁 261 ~ 266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/OJITS.2023.3266556	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松下 翔太、滕 睿、佐藤 健哉	4. 巻 J107-B
2. 論文標題 移動環境におけるビデオストリーミング品質向上のための受信信号強度に応じたMPQUICスケジューラのシミュレーション評価	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B 通信	6. 最初と最後の頁 218 ~ 225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2023GWP0008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sasaki Yudai, Sato Kenya	4. 巻 13
2. 論文標題 Reducing Web Page Load Time by Using a Dynamic Scheduling Method Based on Network Environment	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 122 ~ 125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/comex.2023XBL0176	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Teng Rui, Sato Kenya	4. 巻 14
2. 論文標題 A Fundamental Study of Reliable Vehicle-to-Cloud Communication Using Multiple Paths with Redundancy Mitigation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2841 ~ 2841
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app14072841	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nishikawa Sasuke, Sato Kenya	4. 巻 13
2. 論文標題 Efficient Distribution of CRL with Grouping Method in V2X Communication	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 134 ~ 137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/comex.2024XBL0006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kenya Sato	4. 巻 2023
2. 論文標題 Current Use and Future Developments of Mobility Data Use in the Field of ITS	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ITS Standardization Activities of ISO/TC204, Society of Automotive Engineers of Japan	6. 最初と最後の頁 7-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 竹内 一真、藤 睿、佐藤 健哉	4. 巻 64
2. 論文標題 狭小空間監視のためのドローンを利用したAR可視化方式の実装と評価	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 614 ~ 625
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00224279	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 鈴木 彰一、長谷川 悠、佐藤 健哉、三好 博昭、大口 敬	4. 巻 75
2. 論文標題 自動運転サービスの受容性向上に向けた取組に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 71 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11188/seisankenkyu.75.71	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Teng Rui, Sato Kenya	4. 巻 12
2. 論文標題 Two-Level Sharing and Extraction of Sensing Information with Hybrid V2X Communications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 4603 ~ 4603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app12094603	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hosono Kohei, Maki Akihiko, Watanabe Yosuke, Takada Hiroaki, Sato Kenya	4. 巻 23
2. 論文標題 Implementation and Evaluation of Load Balancing Mechanism With Multiple Edge Server Cooperation for Dynamic Map System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	6. 最初と最後の頁 7270 ~ 7280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TITS.2021.3067909	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Okunishi Riki, Teng Rui, Sato Kenya	4. 巻 14
2. 論文標題 Reachability-Based Packet Scheduler of Multipath QUIC for Heterogeneous Mobile Networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Communications and Network	6. 最初と最後の頁 200 ~ 209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/cn.2022.144011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 佐々木 雄大, 藤 睿, 佐藤 健哉	4. 巻 J106-B
2. 論文標題 Webコンテンツに応じたHTTPプロトコル切替によるページ読み込み時間削減手法	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B 通信	6. 最初と最後の頁 126 ~ 133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2022GWP0002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Habibullah Babakarkhail、Teng Rui、Sato Kenya	4. 巻 12
2. 論文標題 A Promising Distance-Based Gasoline Tax Charging System Based on Spatio-Temporal Grid Reservation in the Era of Zero-Emission Vehicles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Transportation Technologies	6. 最初と最後の頁 651 ~ 680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/jtts.2022.124038	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Habibullah Babakarkhail、Teng Rui、Sato Kenya	4. 巻 14
2. 論文標題 Highway Toll Collection Method for Connected Automated Vehicle Platooning Using Spatio-Temporal Grid Reservation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Communications and Network	6. 最初と最後の頁 171 ~ 199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/cn.2022.144010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 鈴木 彰一、長谷川 悠、佐藤 健哉、三好 博昭、大口 敬	4. 巻 75
2. 論文標題 自動運転サービスの受容性向上に向けた取組に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 71 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11188/seisankenkyu.75.71	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Natsuki Uehara, Kenya Sato	4. 巻 63
2. 論文標題 Improving the Efficiency of V2X Communication by Guiding Vehicles in Consideration of Congestion around Base Stations	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Harris Science Review of Doshisha University	6. 最初と最後の頁 59 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14988/00028928	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 細野 航平、横 晶彦、渡辺 陽介、高田 広章、佐藤 健哉	4. 巻 62
2. 論文標題 車線分割に基づきエッジサーバを配置したダイナミックマップシステムのスケーラビリティ向上	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1261 ~ 1274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00211095	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamada Shunya, Watanabe Yousuke, Kanamori Ryo, Sato Kenya, Takada Hiroaki	4. 巻 20
2. 論文標題 Estimation Method of Parking Space Conditions Using Multiple 3D-LiDARs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Intelligent Transportation Systems Research	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13177-022-00300-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hosono Kohei, Maki Akihiko, Watanabe Yousuke, Takada Hiroaki, Sato Kenya	4. 巻 20
2. 論文標題 Efficient Access Method for Multi-access Edge Servers in Dynamic Map Systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Intelligent Transportation Systems Research	6. 最初と最後の頁 252 ~ 265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13177-021-00289-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤 健哉, 高田 広章	4. 巻 58
2. 論文標題 ダイナミックマップ2.0 (DM2.0) の構成と設計	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン	6. 最初と最後の頁 133-139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 佐藤 健哉, 渡辺 陽介, 高田 広章	4. 巻 75 (10)
2. 論文標題 モビリティのサイバーフィジカルシステムにおけるダイナミックマップ2.0の役割	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 自動車技術	6. 最初と最後の頁 10-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryota Hatayama, and Kenya Sato	4. 巻 62 (1)
2. 論文標題 Proposal of Alleviation Method of Car Sickness Caused by Working on a PC in a Driving Car	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Harris Science Review of Doshisha University	6. 最初と最後の頁 27-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14988/00028198	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ryo Nakagawa, and Kenya Sato	4. 巻 62 (1)
2. 論文標題 Indoor Location Estimation Considering Movable Obstruction by Using Multi-Hop Beacon Information	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Harris Science Review of Doshisha University	6. 最初と最後の頁 48-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14988/00028200	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuya Hirotsuji, and Kenya Sato	4. 巻 62 (1)
2. 論文標題 Communication Encryption Method for Drone Control Using Radio Strength	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Harris Science Review of Doshisha University	6. 最初と最後の頁 57-63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14988/00028201	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Higashiyama Koki, Kimura Kenta, Babakarkhail Habibullah, Sato Kenya	4. 巻 1 (1)
2. 論文標題 Safety and Efficiency of Intersections With Mix of Connected and Non-Connected Vehicles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems	6. 最初と最後の頁 29 ~ 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/OJITS.2020.2991464	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hosono Kohei, Maki Akihiko, Watanabe Yosuke, Takada Hiroaki, Sato Kenya	4. 巻 23
2. 論文標題 Implementation and Evaluation of Load Balancing Mechanism With Multiple Edge Server Cooperation for Dynamic Map System	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	6. 最初と最後の頁 1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TITS.2021.3067909	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kakushin Nishimura, Habibullah Babakarkhail, Kenya Sato	4. 巻 61 (1)
2. 論文標題 oad-Balancing Routing with Hybrid Network Considering Bandwidth Ratio	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Harris Science Review of Doshisha University	6. 最初と最後の頁 14 ~ 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14988/pa.2020.0000000087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 佐藤 健哉	4. 巻 124 (1228)
2. 論文標題 次世代ダイナミックマップ DM2.0 (協調型自動運転に向けた情報通信プラットフォーム)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本機械学会誌	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計60件（うち招待講演 16件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 V2X 通信を利用した協調型自動運転システムの構築
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 協調型自動運転に向けたセンサ情報共有のための V2X 通信プラットフォームの実現
3. 学会等名 電気三学会関西支部専門講習会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 ITS技術に関する現状と今後
3. 学会等名 自動車技術会 ITS国際標準化フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kenya Sato and Rui Teng
2. 発表標題 Information & Communication Platform for Cooperative Automated Driving Using Edge Computing
3. 学会等名 IEEE 8th World Forum on Internet of Things（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 自律から協調に向けた自動運転システム発展の経緯と展望,
3. 学会等名 大阪大学ナノ理工学人材育成産学コンソーシアム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Babakarkhail Habibullah, and Kenya Sato
2. 発表標題 Micro-Road-Pricing for Highway Toll Collection with Reserving Spatio-Temporal Grid in the Era of Automated Vehicle
3. 学会等名 The 2022 IARIA Annual Congress on Frontiers in Science, Technology, Services, and Applications(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koichi Kambara, Ehsan Javanmardi, Jin Nakazato, Yousuke Watanabe, Kenya Sato, Hiroaki Takada, Manabu Tsukada,
2. 発表標題 Towards Cooperative Automated Driving: Geographic-Aware Network Analysis and Visualization Tool
3. 学会等名 Asian Internet Engineering Conference (AINTEC) 2022(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塚崎 拓真, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 IoT デバイスの通信セキュリティ向上のためのネットワーク仮想化フレームワークの提案
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02022)シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 国本 典晟, 滕 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 SDNを利用したQoS予測・予約によるV2X通信の信頼性向上
3. 学会等名 ITSシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉本 涼輔, 滕 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 V2X通信におけるプライバシー向上のための仮想車両を用いた協調的仮名交換方式の提案
3. 学会等名 ITSシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木 彰一, 長谷川 悠, 佐藤 健哉, 三好 博昭, 大口 敬
2. 発表標題 自動運転サービスの受容性向上に向けた取組に関する研究
3. 学会等名 ITSシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本 浩太郎, 滕 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 自動バレー駐車のための時空間グリッド予約を利用した車両移動モデルのダイナミックマップ上における実装
3. 学会等名 ITSシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺 陽介, 山田 峻也, 川田 福和, 草山 真一, 佐藤 健哉, 高田 広章
2. 発表標題 自動運転サービスにおける車両位置情報の共有とプライバシー保護
3. 学会等名 ITSシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神原 滉一, Ehsan Javanmardi, 中里 仁, 山田 峻也, 渡辺 陽介, 高田 広章, 佐藤 健哉, 塚田 学
2. 発表標題 協調型自動運転のためのネットワーク状態分析・可視化
3. 学会等名 電子情報通信学会 ITS研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐々倉 瑛一, 山田 峻也, 鈴木 彩門, 宮脇 弘充, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 協調型自動運転に向けた複数路側センサのフリースペース情報統合
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松村 学, 杉本 涼輔, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 時空間予約マイクロロードプライシングのオークション方式による価格設定手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松下 翔太, 土居 大輝, 竹内 一真, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 移動環境におけるビデオストリーミング品質向上のためのMPQUICスケジューラの検討
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 東田 悠希, 国本 典晟, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 車両走行状態とドライバ視線の時系列変化を考慮した運転支援情報提示の制御手法
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yucheng Xu, Rui Teng, Kenya Sato,
2. 発表標題 Quality of Service prediction for V2X communication based on LSTNet
3. 学会等名 the 85th National Convention of IPSJ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平光 樹, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 走行環境に対応した freespace 危険度の段階的可視化の考察
3. 学会等名 情報処理学会 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮脇 弘充, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 自動運転における緊急回避情報を用いた安全性向上手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西川 瑛亮, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 リーダ車両を用いたV2X通信における効率的なCRL配布手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Habibullah Babakarkhail, and Kenya Sato
2. 発表標題 Novel Micro Road Pricing Method Based on Spatio-Temporal Grid Reservation for Collecting Gasoline Tax Revenue from Zero-Emission Vehicle
3. 学会等名 The 27th International Conference on Parallel Distributed Processing Techniques Application (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 協調型自動運転に向けたダイナミックマップの新たな展開
3. 学会等名 情報処理学会ITS研究フォーラム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 協調型自動運転におけるセキュリティとプライバシー保護
3. 学会等名 平城宮跡歴史公園スマートチャレンジシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 ITS通信に関する各国・地域の動向，
3. 学会等名 ITS国際標準化フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 DM2.0：協調型自動運转向け情報通信プラットフォーム
3. 学会等名 WIDE研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 IoTエッジコンピューティングを利用した協調型自動運转向け情報通信プラットフォーム
3. 学会等名 電子情報通信学会IoTシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 自律から協調へ：自動運転システムの発展
3. 学会等名 平城宮跡歴史公園スマートチャレンジシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 V2X通信を利用した協調認識に関する動向
3. 学会等名 SIP交通環境情報に関する標準化戦略検討会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田 峻也, 渡邊 陽介, 金森 亮, 佐藤 健哉, 高田 広章
2. 発表標題 複数の3D-LiDAR を用いた車庫状態モニタリングシステム
3. 学会等名 ITSシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 佳輝, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 走行情報と顔方向に基づくドライバーの歩行者に対する認識の推定
3. 学会等名 ITSシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中田 輝, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 時空間グリッド予約を実現するマイクロロードプライシングのブロックチェーン管理による高速化
3. 学会等名 ITSシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺 陽介, 徳井 竜也, 山田 峻也, 佐藤 健哉, 高田 広章
2. 発表標題 ダイナミックマップを用いた自動運転車の位置情報提供サービス
3. 学会等名 ITSシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東山 紘樹, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 ダイナミックマップの時空間グリッド予約による道路合流調停手法の検討
3. 学会等名 ITSシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林 聡一郎, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 安全運転支援のためのAR を利用したフリースペースの段階的可視化手法
3. 学会等名 ITSシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 細野 航平, 榎 晶彦, 渡辺 陽介, 高田 広章, 佐藤 健哉
2. 発表標題 ダイナミックマップシステムにおける複数エッジサーバへの効率的アクセス方式の検討
3. 学会等名 ITSシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中井 綾一, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 V2X 通信プライバシー向上のための周辺車両数に応じた可変仮想車両による仮名方式
3. 学会等名 ITSシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 自動運転向け協調センシングのための情報通信プラットフォーム
3. 学会等名 電子情報通信学会 知的センシングとインタラクションシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本 浩太郎, 藤 睿, 佐藤 健哉
2. 発表標題 ダイナミックマップの時空間グリッド予約を利用した自動パレー駐車制御方式のシミュレーション評価
3. 学会等名 情報処理学会ITS研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西川 瑳亮, 中田 輝, 藤 睿, 佐藤健哉
2. 発表標題 ビーコンレンジ署名によるV2X通信なりすまし検知手法
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齊藤 慶一, 細野 航平, 藤 睿, 佐藤健哉
2. 発表標題 車両密度を考慮したエッジサーバの利用によるダイナミックマップシステムの負荷分散方式の検討
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryoga Takahashi, Masafumi Hashimoto, Kazuhiko Takahashi
2. 発表標題 LiDAR-Based Cooperative Scan Matching for Relative Pose Estimation of Multiple Vehicles in GNSS-Denied Environments
3. 学会等名 The Fifteenth International Conference on Sensor Technologies and Applications (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki Murakami, Masafumi Hashimoto, Marino Matsuba, Kazuhiko Takahashi
2. 発表標題 Distributed People Tracking Using Networked Multiple Ground LiDARs
3. 学会等名 The 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koki Higashiyama, Kenta Kimura, Habibullah Babakarkhail, Kenya Sato
2. 発表標題 Simulation Evaluation of Cooperative Intersection Traversing Method for Connected Vehicles
3. 学会等名 The Ninth International Conference on Advances in Vehicular Systems, Technologies and Applications (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kohei Hosono, Akihiko Maki, Yosuke Watanabe, Hiroaki Takada, Kenya Sato
2. 発表標題 Implementation and Evaluation of Priority Processing by Controlling Transmission Interval Considering Traffic Environment in a Dynamic Map
3. 学会等名 The Ninth International Conference on Advances in Vehicular Systems, Technologies and Applications (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 協調型自動運転のための情報通信プラットフォーム
3. 学会等名 日本機械学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 V2X通信を利用した協調走行に関する研究動向
3. 学会等名 SIP 交通環境情報に関する標準化戦略検討会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 健哉
2. 発表標題 ダイナミックマップを利用した動的な位置関連データの効率的な管理
3. 学会等名 平城宮跡歴史公園スマートチャレンジシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡村 俊樹, 佐藤 健哉
2. 発表標題 車両相互監視と位置外れ値検出によるV2X通信なりすまし検知手法
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 浩太郎, 細野 航平, 佐藤 健哉
2. 発表標題 走行環境を考慮した車両情報の効率的送信手法の検討
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡辺 陽介, 草山 真一, 榎 晶彦, 芦田 敬, 山田 峻也, 佐藤 健哉, 高田 広章
2. 発表標題 ダイナミックマップによる協調型道譲り支援
3. 学会等名 第18回ITSシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中田 輝, 東山 紘樹, Habibullah Babakarkhail, 佐藤 健哉
2. 発表標題 走行調停のための時空間グリッド予約を実現する仮想通貨利用マイクロロードプライシング
3. 学会等名 第18回ITSシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田 峻也, 渡辺 陽介, 徳井 竜也, 佐藤 健哉, 高田 広章
2. 発表標題 路車協調による高速道路合流支援のための車両位置推定手法
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉本 涼輔, 中田 輝, 佐藤 健哉
2. 発表標題 V2V通信における車両走行環境に基づく優先制御方式の検討
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塚崎 拓真, 中井 綾一, 佐藤 健哉
2. 発表標題 移動体通信における位置情報を考慮したOpenFlowによるネットワーク切替え手法
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山村 竜也, 奥西 理貴, 佐藤 健哉
2. 発表標題 車両位置相互監視に基づくなりすまし検知手法のロジスティック回帰分析による性能向上
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本 雅文, 阿部 翔太, 高橋 和彦
2. 発表標題 複数LiDAR情報の共有による協調移動物体追跡
3. 学会等名 電気関係学会関西連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿部 翔太, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 複数LiDARによる協調移動物体追跡のための環境特徴を用いた協調スキャンマッチング
3. 学会等名 システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村上 直樹, 藤田 建人, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 複数の地上Lidarによる協調人物追跡に関する研究 分散型Interacting Multimodel法に基づく追跡システム
3. 学会等名 システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 佐藤 健哉 (日本ロボット学会)	4. 発行年 2023年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 1086
3. 書名 ロボット工学ハンドブック (分担執筆), 自動運転技術 (第IV編5.2節)	

1. 著者名 河口 信夫、高田 広章、佐藤 健哉、倉地 亮、佐藤 雅明、渡邊 陽介	4. 発行年 2020年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 206
3. 書名 つながるクルマ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト：テーマ4. 混在空間でレベル4実現のためのインフラ協調や車車間・歩車間通信連携などの取り組み https://www.road-to-the-l4.go.jp/activity/theme04/</p> <p>ダイナミックマップ2.0の高信頼化技術に関するコンソーシアム (2020/4～2023/3) http://www.nces.i.nagoya-u.ac.jp/ddm2/</p> <p>先進モビリティサービスのための情報通信プラットフォームに関するコンソーシアム (2023/4～) https://www.nces.i.nagoya-u.ac.jp/admobi-dm2/</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	橋本 雅文 (HASHIMOTO Masafumi) (10145815)	同志社大学・理工学部・教授 (34310)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	高田 広章 (TAKADA Hiroaki) (60216661)	名古屋大学・情報学研究科・教授 (13901)	
研究分担者	渡辺 陽介 (WATANABE Yosuke) (80532944)	名古屋大学・未来社会創造機構・特任准教授 (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	Connected Vehicle Trade Association			